






## Method of testing the weight per unit area of thin material

**Patent number:** DE3048710  
**Publication date:** 1982-07-15  
**Inventor:** WEILACHER KARL HERMANN DIPL PH (DE)  
**Applicant:** GAO GES AUTOMATION ORG (DE)  
**Classification:**  
 - international: **G01B17/02; G01G9/00; G01N29/12; G07D7/08; G07D7/16; G01B17/02; G01G9/00; G01N29/12; G07D7/00; (IPC-1-7): G01B15/02; B07C5/16; G01G9/00; G07D7/00**  
 - european: **G01B17/02; G01G9/00; G01N29/12; G07D7/08; G07D7/16C; G07D7/16D**  
**Application number:** DE19803048710 19801223  
**Priority number(s):** DE19803048710 19801223

### Also published as:

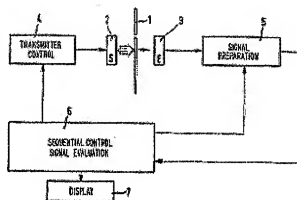
 US 4446735 (A1)  
 J P57132055 (A)  
 G B2089983 (A)  
 F R2496873 (A1)  
 CH65 3767 (A5)

more >>

Report a data error here

Abstract not available for DE3048710  
 Abstract of correspondent: US4446735

A method and a device for determining the weight per unit area and/or the thickness of thin material in sheets, for example banknotes, by aid of ultrasonic waves. The device comprises a single- or multi-channel transmitter-receiver arrangement in which the banknote passing through is exposed to a pulsating sound field. The sound is transmitted to the receiver via the banknote which is set vibrating by the sound. For the evaluation of the receiver signal a time interval dependent on the sound propagation time between the transmitter and the receiver is defined which begins when the primary sound arrives at the receiver and ends before reflected portions of the transmitted sound or portions of sound from adjacent transmitters arrive at the receiver. During the time interval the receiver signal which is free from noise signals is integrated. The integration value is a measurement of the density per unit area of the test material. A special integration method allows for the detection of two or more overlapping banknotes.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



10 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 30 48 710 C 2

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G01 B 17/02**  
B 07 C 5/16  
G 01 G 9/00  
G 07 D 7/00

21 Aktenzeichen: P 30 48 710.6-52  
22 Anmeldetag: 23. 12. 80  
43 Offenlegungstag: 15. 7. 82  
6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 1. 82

DE 30 48 710 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

23 Patentinhaber:  
GAO Gesellschaft für Automation und Organisation  
mbH, 8000 München, DE

74 Vertreter:  
Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000  
München

72 Erfinder:  
Weillacher, Karl Hermann, Dipl.-Phys. Dr., 8061  
Ampemmooring, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-AS 15 48 170  
US 40 73 007  
US 36 51 687  
US 34 23 992  
technica Nr. 10, 1970, S. 857-863;

54 Verfahren zur Prüfung des Flächengewichts von dünnem Material

DE 30 48 710 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur berührungslosen Bestimmung des Flächengewichts bzw. der Dicke von dünnem Material, wie beispw. Papier, Folien oder ähnl., wobei ein impulsförmig Ultraschallwellen abstrahlender Sender das Material beschallt und ein auf der anderen Seite des Materials liegender Empfänger die Schallintensität der vom Material kommenden Schall-schwingungen auswertet.

Die Anwendung von Schallwellen zur Bestimmung der Dichte von Materialien unterschiedlichster Art ist seit längerer Zeit bekannt.

Ein Verfahren der o.g. Art ist in der DE-OS 15 48 170 für die Bestimmung des Flächengewichts von Papier beschrieben.

Das zu prüfende Papier wird mit Hilfe eines Schall-senders einem Schallfeld ausgesetzt, wobei die Schall-frequenz mit 15 kHz gewählt wird. Ein gegenüber dem Sender oder auf der gleichen Seite des Senders angeordneter Empfänger nimmt den vom Papier kommen-den Schallanteil auf. Die empfangene Schallintensität wird als Maß für das Flächengewicht des Papiers ge-nutzt.

Bei der Ankopplung von Schallwellen über Luft an ein gegenüber Luft wesentlich dichteres Medium, wie beispw. Papier, ist der vom Papier reflektierte Schall-anteil gerade bei höheren Schallfrequenzen sehr hoch. Das heißt, daß sich dem Primär- bzw. Direktschall des Sen-ders, der das Papier durchdringt und auf einem auf der gegenüberliegenden Seite des Papiers angeordneter Empfänger gelangt, aufgrund von Mehrfachreflexionen zwischen Sender und Papier bzw. Papier und Empfän-ger Schallanteile überlagern, die in ähnlicher Größen-ordnung liegen wie der Primärschall. Abhängig von der Lage des Papiers zwischen Sender und Empfänger schwankt die Phasenlage der störenden Schallanteile relativ zur Phasenlage des Primärschalls. Das führt zu Überlagerungen mit erheblich schwankenden Amplitu-den des im Empfänger registrierten Signals.

Es hat sich gezeigt, daß mit den in der DE-OS 15 48 710 vorgeschlagenen Geräten bzw. Verfahren kei-ne ausreichend genauen und vor allem reproduzierba-ren Ergebnisse erreicht werden können. Die Schallsio-lierung im Sender- bzw. Empfängergehäuse, wie in der DE-OS vorgeschlagen, schafft hier keine Abhilfe, da die-se, abgesehen davon, daß sie nicht sehr wirksam durch-geführt werden kann, auf die Reflexion zwischen Sender und Papier bzw. Papier und Empfänger keinen Einfluß hat. Bringt man, wie in einem Ausführungsbeispiel der DE-OS gezeigt, bei gegenüberliegender Anordnung vom Sender und Empfänger die Isolierung in den "Strahlengang" zwischen Sender und Empfänger, wird die Primärenergie in gleichem Maße geschwächt. Das schlechte Verhältnis zwischen Nutz- und Reflektions-bzw. Störsignal bleibt unverändert.

Das Verhältnis zwischen Nutz- und Störsignal wird noch erheblich ungünstiger, wenn, wie auch in der DE-OS vorgeschlagen, der Empfänger auf der Seite des Senders angeordnet ist. In diesem Fall wird der ohnehin sehr schwache, das Papier durchdringende Schallanteil an einer hinter dem Papier angeordneten Platte in Rich-tung Sender reflektiert und ein zweites Mal in gleichem Maße durch das Papier geschwächt. Mit dieser Anord-nung und den in der DE-OS vorgeschlagenen Maßnah-men ist eine zuverlässige Bestimmung des Flächenge-wichts aus den oben genannten Gründen praktisch aus-geschlossen.

Aus der US-A-34 23 992 ist ein Gerät zur Dickenmes-sung mittels Ultraschall bekannt, welches aus der Lauf-zeit eines an einer Grenzfläche reflektierten Schallim-pulses die Dicke des Objekts bestimmt. Speziell geht es um die Dickenmessung bei Rohren, die zur Messung in ein Flüssigkeitsbad eingebracht werden, in welchem die Beschallung mit Ultraschall erfolgt. Durch Reflexion ei-nes Impulses entsteht an der Rohroberfläche ein Echo, und eine bestimmte Zeit nach dem Echosignal wird ein Rechtecksignal erzeugt, während dessen Dauer ein er-stes Bodenechosignal erfaßt werden kann, welches mit Hilfe eines durch das Rechtecksignal eingeschalteten Verstärkers selektiert wird. Das erhaltene Signal ist ein weiteres Rechtecksignal aus, welches durch den nach-folgenden Senderimpuls wieder auf Null gesetzt wird. Es erfolgt mithin eine Reflexionsmessung, wobei als Maß für die Dicke des Meßobjekts die Laufzeit der Schallimpulse verwendet wird. Die Ankopplung des Meßobjekts erfolgt in einer Flüssigkeit.

In der US-A-36 51 687 ist ein Ultraschall-Mikrometer zur statischen oder dynamischen Messung kleiner Ab-stände durch Bestimmung der Schalllaufzeit eines Ultra-schallimpulses beschrieben. Ein Ultraschallimpuls wird nach Reflexion an einem Meßobjekt registriert, und die verstrichene Laufzeit wird als Maß für den Abstand zwischen der Ultraschallquelle und dem Meßobjekt ver-wendet. An zwei Empfängern werden sowohl durch die Abstrahlung entstehende Impulse als auch Oberflächen-echos empfangen. Die ersten genannten Signale sind uner-wünscht und werden durch Torschaltungen ausgeblen-det. Damit werden also die durch den Sender direkt hervorgerufenen Signale ausgeblendet, nicht beseitigt werden Störsignale, die durch Reflexionen zwischen Meßgut und Meßapparat entstehen.

Aus der US-A-40 73 007 ist eine Apparatur zur Be-stimmung von Strukturdefekten in unter Spannung transportierten Bändern beschrieben. Das Band wird mechanisch lokal zum Schwingen gebracht, und es wird ermittelt, wie sich die Schallgeschwindigkeit in Längs-richtung des Bandes ausbreitet. Dies wird mittels berührungsloser Sensoren detektiert.

Aus technika Nr. 10, 1970, S. 857—863, ist es bekannt, mittels Ultraschall eine Wanddickenmessung durchzu-führen, wozu die Laufzeit eines Impulses bestimmt wird, der von einem Prüfkopf auf ein Meßobjekt ausgesendet und von der Rückwand des Meßobjekts reflektiert wird. Es finden sich allerdings in dieser Druckschrift keine Hinweise auf mögliche Lösungen der Probleme, die sich bei der Flächengewichtsbestimmung von dünnem Ma-terial mittels einer durchstrahlenden Intensitätsmessung ergeben.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren bzw. ein Prüfgerät der o.g. Art vorzuschla-gen, mit dem eine sehr genaue und reproduzierbare Bestimmung des Flächengewichts von dünnem Material möglich ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Schalllaufzeit zwischen Sender und Empfänger bestimmt wird und daß bei der eigentlichen Prüfung der Empfänger um die Schalllaufzeit  $T_d$  verzögert einge-schaltet und spätestens mit Ablauf der doppelten Schall-laufzeit  $2T_d$  wieder abgeschaltet wird.

Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Lösung besteht somit darin, daß ein Zeitintervall für die Auswertung des Empfangssignals definiert wird. Das Zeitintervall beginnt abhängig von der Schalllaufzeit zwischen Sender und Empfänger mit dem Eintreffen des Primärschalls am Empfänger und endet, bevor die er-

sten systembedingten Störanteile (reflektierte Schallanteile des Senderschalls oder Schallanteile benachbarter Sender) am Empfänger eintreffen. Damit ist das zur Auswertung gelangende Meßsignal frei von systembedingten Signalverfälschungen. Mit der Eliminierung der systembedingten Störanteile wird außerdem erreicht, daß das Meßsignal in weiten Grenzen von Schwankungen der Papierlage vollständig unbeeinflusst bleibt.

Neben den systembedingten Störanteilen können auch externe Störgeräusche das Meßergebnis verfälschen. Durch die beim erfindungsgemäßen Verfahren gewählte hohe Schallfrequenz sowie durch ein spezielles, weiter unten genauer erläutertes, Auswertverfahren wird der Einfluß der Umweltgeräusche ebenfalls auf ein nahezu zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Weiterbildungen und weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Dazu zeigt:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Prüfgerätes zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 2 die elektronischen Baugruppen des Prüfgerätes im einzelnen,

Fig. 3 ein Impuls-Ablaufplan und

Fig. 4 ein Prüfgerät zur großflächigen Abtastung.

Die Fig. 1 zeigt beispielsweise die schematische Darstellung des Prüfgerätes zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Das Gerät kann, beispw. in Banknoten-Sortierautomaten eingesetzt werden, um das Flächengewicht von Banknoten zu bestimmen. Im Zuge der Flächengewichtsbestimmung ist es in diesem Anwendungsfall ebenso möglich, Klebstreifen auf Banknoten oder auch fehlende Teile an Banknoten zu erkennen. Eine weitere, bei Banknoten-Sortierautomaten wichtige Aufgabe ist die Erkennung von sogenannten Doppel- und Mehrfachabzügen, um die Zählsicherheit der Automaten zu gewährleisten. Das erfindungsgemäße Verfahren kann gerade auch für diese Funktion, wie weiter unten näher erläutert, vorteilhaft Anwendung finden.

Um bei der Prüfung eine hohe Auflösung bei möglichst hohen Banknoten-Transportgeschwindigkeiten zu erzielen, ist die Impulswiederholfrequenz, die die Anzahl der Messungen pro Längeneinheit auf der Banknoten in Transportrichtung bestimmt, entsprechend hoch zu wählen.

Diese Frequenz wird jedoch begrenzt durch die Abklingdauer der Senderschwingung und der überlagerten reflektierten Schallanteile. Die Abklingdauer einer durch einen Impuls erzeugten Schallerschwingung ist umgekehrt proportional der Bandbreite des die Schwingung erzeugenden Systems.

Neben der Impulswiederholfrequenz ist die Frequenz der Senderschwingung von Bedeutung.

Mit jedem Senderimpuls wird der auf dem Empfänger gelangende Schallimpuls gemäß der Erfindung innerhalb des schon oben definierten Zeitintervalls ausgewertet.

Aus Gründen eines guten Signal-Rausch-Abstandes sollte bei großer Senderleistung die Senderfrequenz möglichst so hoch sein, daß mindestens ein Schwingungszyklus des Empfangssignals während des Zeitintervalls ausgewertet werden kann.

Es hat sich gezeigt, daß sich für das erfindungsgemäße Verfahren Elektret-Ultraschallwandler besonders gut eignen. Die Wandler haben bei hoher Senderleistung eine ebenfalls hohe Resonanzfrequenz mit breitbandi-

gem Frequenzgang. Ein mit geeigneten Impulsen angeregter Elektretwandler erzeugt aufgrund seiner Bandbreite eine stark gedämpfte Schwingung bei seiner Resonanzfrequenz.

Wie in der Fig. 1 gezeigt, durchfließt die Banknote 1 die Send-Empfangsanordnung 2, 3 in mittlerer Lage. In der Sendersteuerung 4 werden nach Maßgabe der Ablaufsteuerung 6 in regelmäßigen Abständen zur Anregung des Senders 2 geeignete Einzelimpulse erzeugt. Der dabei vom Sender ausgeübte Schallimpuls wird größtenteils an der Banknote reflektiert. Über das durch den Schallimpuls in Bewegung gesetzte Banknotenpapier pflanzt sich der nicht reflektierte Anteil des Senderschalls auf der Empfängerseite fort.

Der Empfänger 3 erzeugt ein Analogsignal, das in der Signalaufbereitungsstufe 5 verarbeitet wird. In dieser Stufe wird der Anteil dann, wie unten näher erläutert, innerhalb eines durch die Ablaufsteuerung 6 vorgegebenen Zeitintervalls aufintegriert. Der Endwert des Integrators wird in der im Baustein 6 enthaltenen Signalauswertung bewertet und zur Anzeige gebracht. Der in der Signalaufbereitungsstufe 5 ermittelte Integrationswert ist umgekehrt proportional zur Flächendichte des Papiers, was beispielsweise in der Anzeige 7 nach geeigneter Kalibrierung direkt in den entsprechenden Einheiten ( $g/m^2$ ) angezeigt werden kann.

Die Ermittlung und Bildung des Integrationsintervalls werden anhand der Fig. 2 und 3 beschrieben.

Der Beginn des Zeitintervalls zur Auswertung des Empfängerschalls wird durch die Schalllaufzeit zwischen Sender 2 und Empfänger 3 festgelegt.

Die Schalllaufzeit wird in einer Baugruppe 10 der Ablaufsteuerung 6 immer dann gemessen, wenn sich kein Papier zwischen Sender 2 und Empfänger 3 befindet. Die Baugruppe 10 registriert in diesem Fall ein stark übersteuertes Signal am Ausgang des Verstärkers 11. Die Laufzeit wird daraufhin durch eine Zeitmessung zwischen dem nächsten über den Impulsgenerator 4 auf den Sender 2 gelangenden Impuls und dem nach Verzögerung am Empfänger erscheinenden korrespondierenden Impuls durchgeführt. In Banknoten-Sortierautomaten kann die Laufzeitmessung jeweils in der Lücke zwischen zwei Banknoten durchgeführt werden. Durch die Bestimmung der Laufzeit erbringt sich eine exakte mechanische Justierung des Abstandes "d" zwischen Sender und Empfänger.

Die fortlaufende Bestimmung der Laufzeit hat außerdem den Vorteil, daß Laufzeitänderungen aufgrund von Temperaturschwankungen der Luft zwischen Sender und Empfänger automatisch berücksichtigt werden und somit das Meßergebnis nicht beeinflussen. Abhängig von der jeweils ermittelten Laufzeit wird in der Ablaufsteuerung 6 die Verzögerung eingestellt, mit der nach einem Senderimpuls die Integration des Empfangssignals beginnt.

Die Steuerung des Gerätes übernimmt ein auf die Ablaufsteuerung geführter Takt "A" (siehe auch Fig. 3). Dieser kann mit der Bewegung der Banknoten synchronisiert sein. Abhängig vom Takt "A" wird in der Ablaufsteuerung das Signal "B" generiert. Dieses Signal gelangt auf den Sender-Impulsgenerator 4, der die für die Ultraschallwandler geeigneten Spannungsimpulse erzeugt (Signal "C").

Die steile Anstiegsflanke der Impulse sorgt für die Anregung bei der Resonanzfrequenz des Senders. Der Senderimpuls erscheint nach der Laufzeit  $T_d$  am Empfänger. Im Baustein 11 verstärkte Empfangssignal ist als Signal "D" in der Fig. 3 dargestellt. Aufgrund der

vorher durchgeführten Laufzeitmessung kann nun exakt mit dem Erscheinen des Schallsignals am Empfänger das Torsignal "F" gesetzt werden. Das Signal gelangt auf den Schalter 13, der damit die Integration einleitet.

Bei mittig zwischen Sender und Empfänger geführter Banknote erscheint der erste reflektierte Schallanteil (Sender—Banknote—Sender—Empfänger) nach der Laufzeit  $2T_d$ , da der Weg doppelt so lang ist. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Integration abgebrochen, bevor nach der Laufzeit  $2T_d$  der erste reflektierte Schallanteil erscheint.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Ende des Integrationstores (Signal "F") so gewählt, daß gerade eine Periodendauer des Empfangssignals erfaßt wird. Um Schwankungen in der Lage der Banknote kompensieren zu können, ist der Abstand "d" zwischen Sender und Empfänger abhängig von der Resonanzfrequenz so eingestellt, daß die störenden reflektierten Schallanteile erst nach einem, diese Schwankungen kompensierenden Sicherheitsabstand, nach Abschluß der Integration erscheinen. Die Integration einer vollen Periode ist ein Sonderfall und in dem Ausführungsbeispiel des besseren Verhältnisses wegen gewählt. Andere Formen sind ebenso möglich.

Nach dem Zurücksetzen des Integrators 15 mit dem Signal "E" wird das Empfangssignal zunächst positiv aufintegriert. Nach Ablauf der halben Integrationszeit, was unter den gewählten Bedingungen im Normalfall der halben Periodendauer des Empfangssignals entspricht, wird das Signal invertiert. Dazu wird das Signal "G" einem Inverter 14 zugeführt, so daß der Integrator in der zweiten Integrationshälfte das invertierte Signal (Signal "H") aufsummiert.

Diese Art der Integration hat einerseits den Vorteil, daß Störgeräusche herausgefiltert werden. Andererseits werden bei der Integration Phasenverschiebungen des Signals berücksichtigt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß bei einem sogenannten Doppelabzug, bei dem die Banknoten sehr eng zueinander liegen, die Phase des Empfangssignals verschoben wird, während sich die Amplitude des Signals gegenüber der Prüfung der einzelnen Note nur sehr gering verändert. In diesem speziellen Fall kommt der Integrator trotz nahezu unveränderter Eingangsamplitude aufgrund der Invertierung des Signals in der Mitte des Integrationstores zu einem geringeren Endwert, so daß auch in diesem Fall eine klare Aussage möglich wird.

Insbesondere für die Erkennung derartiger Doppelabzüge ist die Auswertung nur einer Periode des Empfangssignals sehr vorteilhaft.

Das Frequenzverhalten der Auswertstufe ist mit dem Verhalten eines Lock-IV-Verstärkers (Bandpaßverhalten) vergleichbar. Externe Störgeräusche spielen daher nur im Bereich der Resonanzfrequenz eine Rolle.

Der Endwert des Integrationsignals (Signal "I") wird der in der Ablaufsteuerung 6 enthaltenen und hier nicht näher spezifizierten Auswertstufe 17 zugeführt. Er kann je nach Prüfunktion des Gerätes als Absolutwert, beispw. umgerechnet in  $g/m^2$  oder nach Vergleich mit vorgegebenen Standardwerten in Form einer Ja/Nein Aussage, beispw. zur Anzeige eines Doppelabzuges, ausgegeben werden.

Die Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gerätes, die zur großflächigen Abtastung von beispw. Banknoten geeignet ist. Aufgrund der oben erläuterten speziellen Auswertmethode ist es möglich, die einzelnen Sender-Empfängerpaare 2, 3 flächendeckend auf engem Raum nebeneinander anzuord-

nen, ohne daß sich die Signale der einzelnen Sender-Empfangsanordnungen gegenseitig stören.

Der minimale Abstand "A" der einzelnen Sender-Empfangsanordnungen ab "A" wird so groß gewählt, daß der Schall eines benachbarten Senders erst nach dem Integrationsstor an dem entsprechenden Empfänger ankommt. Der Laufzeitunterschied des Schalls ( $d_2 - d_1$ )/C (C = Schallgeschwindigkeit) muß also größer sein als die Integrationsstörgröße.

In dem erwähnten Ausführungsbeispiel wurde das erfindungsgemäße Verfahren im Zusammenhang mit der Prüfung von Banknoten in Banknoten-Sortierautomaten beschrieben.

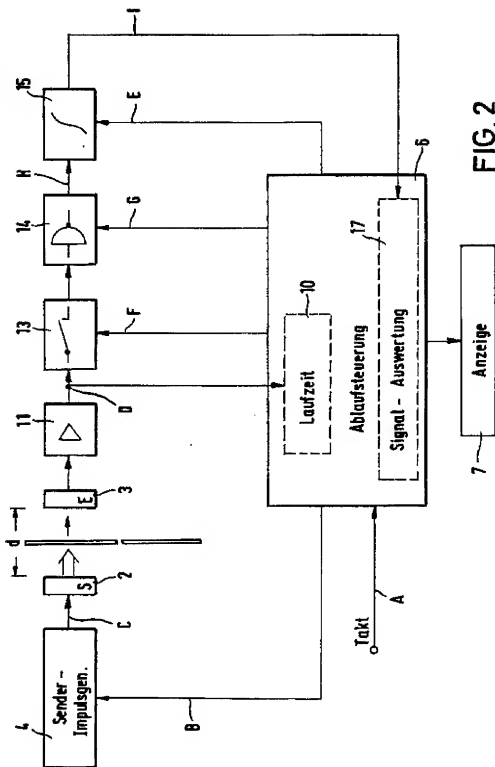
Die Erfindung kann mit gleichem Erfolg genutzt werden, um das Flächengewicht von Papier- bzw. Folienbahnen oder ähnlichen dünnen Materialien zu prüfen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungslosen Bestimmung des Flächengewichts bzw. der Dicke von dünnem Material wie beispielsweise Papier, Folien oder ähnlichem, wobei ein impulsförmig Ultraschallwellen abstrahlender Sender das Material beschallt und ein auf der anderen Seite des Materials liegender Empfänger die Schallintensität der vom Material kommenden Schallschwingungen auswertet, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalllaufzeit zwischen Sender und Empfänger  $T_d$  bestimmt wird und daß bei der eigentlichen Prüfung der Empfänger um die Schalllaufzeit  $T_d$  verzögert eingeschaltet und spätestens mit Ablauf der doppelten Schalllaufzeit  $2T_d$  wieder abgeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger während eines durch den Ein- und Abschaltzeitpunkt gebildeten Zeitintervalls diese Schallschwingungen aufintegriert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zeitintervall eine oder das Vielfache der Periode der Empfangsschwingungen erfaßt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ablauf einer halben Periode der Empfangsschwingung das dem Integrator zugeführte Signal invertiert wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1—4, wobei Banknoten oder dergleichen zwischen Sender und Empfänger durchlaufen, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalllaufzeit in der Lücke zwischen zwei Banknoten neu bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2—5, dadurch gekennzeichnet, daß zur großflächigen Abtastung des Materials mehrere Sender-Empfängerpaare verwendet werden, deren Abstand voneinander so bemessen ist, daß der Schall eines benachbarten Senders erst nach Beendigung des Integrationsintervalls am entsprechenden Empfänger ankommt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß als Empfänger und/oder Sender Elektretwandler vorgesehen sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —



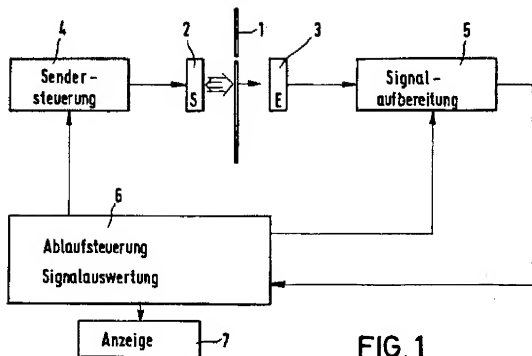


FIG. 1

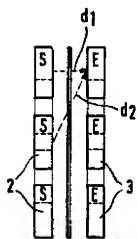
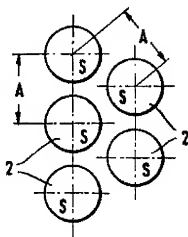


FIG. 4





⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3048710 A1**

⑭ Aktenzeichen:  
⑮ Anmeldetag:  
⑯ Offenlegungstag:

P 30 48 710.6  
23. 12. 80  
15. 7. 82

⑰ Int. Cl. 3:  
**G 01 B 15/02**  
B 07 C 5/18  
G 01 G 9/00  
G 07 D 7/00

⑲ Anmelder:  
GAO Gesellschaft für Automation und Organisation mbH,  
8000 München, DE

⑳ Erfinder:  
Weilecher, Karl Hermann, Dipl.-Phys. Dr., 8061  
Ampermoos, DE

㉑ »Verfahren zur Prüfung des Flächengewichts von dünnem Material«

DE 3048710 A1

DE 3048710 A1

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß der Empfänger die Schallschwingungen während eines Zeitintervalles aufintegriert, das mit dem Eintreffen des Primärschalles am Empfänger beginnt und endet, bevor reflektierte Schallanteile oder Schallanteile benachbarter Sender den Empfänger erreichen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß das Zeitintervall einer oder das Vielfache einer Periode der Empfangsschwingungen erfaßt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß nach Ablauf einer halben Periode der Empfangsschwingung das dem Integrator zugeführte Signal invertiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die Schalllaufzeit bestimmt wird, wenn sich kein Material zwischen Sender und Empfänger befindet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei Banknoten od.dgl. zwischen Sender und Empfänger durchlaufen, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß nach jeder Dickenmessung die Schalllaufzeit in der Lücke zwischen zwei Banknoten neu bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß zur großflächigen Abtastung des Materials mehrere Sender-Empfängerpaare verwendet werden, deren Abstand voneinander so bemessen ist, daß der Primärschall eines benachbarten Senders

erst nach Beendigung des Integrationsintervalles am entsprechenden Empfänger ankommt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Empfänger und/oder Sender Elektretwandler vorgesehen sind.

...

Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. ein Prüfgerät zur berührungslosen Bestimmung des Flächengewichts bzw. der Dicke von dünnem Material, wie beispw. Papier, Folien oder Ähnl., wobei ein impulsförmig Ultraschallwellen abstrahlender Sender das Material beschallt und ein Empfänger den vom Material kommenden Schall aufnimmt.

Die Anwendung von Schallwellen zur Bestimmung der Dichte von Materialien unterschiedlichster Art ist seit längerer Zeit bekannt.

So wird beispw. in der DE-OS 15 48 170 ein Gerät beschrieben, mit dem berührungslos die Bestimmung des Flächengewichts von Papier mit Schallwellen durchgeführt werden soll. Das zu prüfende Papier wird mit Hilfe eines Schallsenders einem Schallfeld ausgesetzt, wobei die Schallfrequenz mit 15 kHz gewählt wird. Ein gegenüber dem Sender oder auf der gleichen Seite des Senders angeordneter Empfänger nimmt den vom Papier kommenden Schallanteil auf. Die empfangende Schallintensität wird als Maß für das Flächengewicht des Papiers genutzt.

Bei der Ankopplung von Schallwellen über Luft an ein gegenüber Luft wesentlich dichteres Medium, wie beispw. Papier, ist der vom Papier reflektierte Schallanteil gerade bei höheren Schallfrequenzen sehr hoch. Das heißt, daß sich dem Primär- bzw. Direktschall des Senders, der das Papier durchdringt und auf einem auf der gegenüberliegenden Seite des Papiers angeordneter Empfänger gelangt, aufgrund von Mehrfachreflektionen zwischen Sender und Papier bzw. Papier und Empfänger Schallanteile überlagern, die in ähnlicher Größenordnung liegen wie der Primärschall.

- Abhängig von der Lage des Papiers zwischen Sender und Empfänger schwankt die Phasenlage der störenden Schallanteile relativ zur Phasenlage des Primärschalls. Das führt zu Überlagerungen mit erheblich schwankenden Amplituden des im Empfänger registrierten Signals.

- Es hat sich gezeigt, daß mit den in der DE-OS vorgeschlagenen Geräten bzw. Verfahren keine ausreichend genauen und vor allem reproduzierbaren Ergebnisse erreicht werden können. Die Schallisolierung im Sender- bzw. Empfängergehäuse, wie in der DE-OS vorgeschlagen, schafft hier keine Abhilfe, da diese, abgesehen davon, daß sie nicht sehr wirksam durchgeführt werden kann, auf die Reflexion zwischen Sender und Papier bzw. Papier und Empfänger keinen Einfluß hat. Bringt man, wie in einem Ausführungsbeispiel der DE-OS gezeigt, bei gegenüberliegender Anordnung von Sender und Empfänger die Isolierung in den "Strahlengang" zwischen Sender und Empfänger, wird die Primärenergie in gleichem Maße geschwächt. Das schlechte Verhältnis zwischen Nutz- und Reflektions- bzw. Störsignal bleibt unverändert.

- Das Verhältnis zwischen Nutz- und Störsignal wird noch erheblich ungünstiger, wenn, wie auch in der DE-OS vorgeschlagen, der Empfänger auf der Seite des Senders angeordnet ist. In diesem Fall wird der ohnehin sehr schwache, das Papier durchdringende Schallanteil an einer hinter dem Papier angeordneten Platte in Richtung Sender reflektiert und ein zweites Mal in gleichem Maße durch das Papier geschwächt. Mit dieser Anordnung und den in der DE-OS vorgeschlagenen Maßnahmen ist eine zuverlässige Bestimmung des Flächengewichts aus den oben genannten Gründen praktisch ausgeschlossen.

...

Dazu zeigt:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Prüfgerätes zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

5

Fig. 2 die elektronischen Baugruppen des Prüfgerätes im einzelnen,

Fig. 3 ein Impuls-Ablaufplan und

10

Fig. 4 ein Prüfgerät zur großflächigen Abtastung.

Die Fig. 1 zeigt beispielhaft die schematische Darstellung des Prüfgerätes zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15

Das Gerät kann beispw. in Banknoten-Sortierautomaten eingesetzt werden, um das Flächengewicht von Banknoten zu bestimmen. Im Zuge der Flächengewichtsbestimmung ist es in diesem Anwendungsfall ebenso möglich, Klebestreifen auf Banknoten oder auch fehlende Teile an Banknoten zu erkennen. Eine weitere, bei Banknoten-Sortierautomaten wichtige Aufgabe ist die Erkennung von sogenannten Doppel- und Mehrfachabzügen, um die Zählsicherheit der Automaten zu gewährleisten. Das erfindungsgemäße Verfahren kann gerade auch für diese Funktion, wie weiter unten näher erläutert, vorteilhaft Anwendung finden.

20

25

Um bei der Prüfung eine hohe Auflösung bei möglichst hohen Banknoten-Transportgeschwindigkeiten zu erzielen, ist die Impulswiederholfrequenz, die die Anzahl der Messungen pro Längeneinheit auf der Banknote in Transportrichtung bestimmt, entsprechend hoch zu wählen.

30

...

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren bzw. ein Prüfgerät der o.g. Art vorzuschlagen, mit dem eine sehr genaue und reproduzierbare Bestimmung des Flächengewichts von dünnem Material möglich ist.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Empfänger um die Schallaufzeit zwischen Sender und Empfänger verzögert eingeschaltet und vor dem Eintreffen systembedingter Störanteile am Empfänger wieder abgeschaltet wird.

10

Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Lösung besteht somit darin, daß ein Zeitintervall für die Auswertung des Empfangssignals definiert wird. Das Zeitintervall beginnt abhängig von der Schallaufzeit zwischen Sender und Empfänger mit dem Eintreffen des Primärschalls am Empfänger und endet, bevor die ersten systembedingten Störanteile (reflektierte Schallanteile des Senderschalls oder Schallanteile benachbarter Sender) am Empfänger eintreffen. Damit ist das zur Auswertung gelangende Meßsignal frei von systembedingten Signalverfälschungen. Mit der Eliminierung der systembedingten Störanteile wird außerdem erreicht, daß das Meßsignal in weiten Grenzen von Schwankungen der Papierlage vollständig unbeeinflusst bleibt.

15  
20  
25

Neben den systembedingten Störanteilen können auch externe Störgeräusche das Meßergebnis verfälschen. Durch die beim erfindungsgemäßen Verfahren gewählte hohe Schallfrequenz sowie durch ein spezielles, weiter unten genauer erläutertes, Auswertverfahren wird der Einfluß der Umweltgeräusche ebenfalls auf ein nahezu zu vernachlässigendes Maß reduziert.

30

Weiterbildungen und weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

35

ORIGINAL INSPECTED

Der Empfänger 3 erzeugt ein Analogsignal, das in der Signalaufbereitungsstufe 5 verarbeitet wird. In dieser Stufe wird der Anteil dann, wie unten näher erläutert, innerhalb eines durch die Ablaufsteuerung 6 vorgegebenen Zeitintervalls aufintegriert. Der Endwert des Integrators wird in der im Baustein 6 enthaltenen Signalauswertung bewertet und zur Anzeige gebracht. Der in der Signalaufbereitungsstufe 5 ermittelte Integrationswert ist umgekehrt proportional zur Flächendichte des Papiers, was beispielsweise in der Anzeige 7 nach geeigneter Kalibrierung direkt in den entsprechenden Einheiten ( $g/m^2$ ) angezeigt werden kann.

Die Ermittlung und Bildung des Integrationsintervalls sowie weitere erfindungswesentliche Merkmale werden anhand der Figuren 2 und 3 beschrieben.

Der Beginn des Zeitintervalls zur Auswertung des Empfänger-schalls wird durch die Schalllaufzeit zwischen Sender 2 und Empfänger 3 festgelegt.

Die Schalllaufzeit wird in einer Baugruppe 10 der Ablaufsteuerung 6 immer dann gemessen, wenn sich kein Papier zwischen Sender 2 und Empfänger 3 befindet. Die Baugruppe 10 registriert in diesem Fall ein stark übersteuertes Signal am Ausgang des Verstärkers 11. Die Laufzeit wird daraufhin durch eine Zeitmessung zwischen dem nächsten über den Impulsgenerator 4 auf den Sender 2 gelangenden Impuls und dem nach Verzögerung am Empfänger erscheinenden korrespondierenden Impuls durchgeführt. In Banknoten-Sortierautomaten kann die Laufzeitmessung jeweils in der Lücke zwischen zwei Banknoten durchgeführt werden. Durch die Bestimmung der Laufzeit erübrigt sich eine exakte mechanische Justierung des Abstandes "d" zwischen Sender und Empfänger.



5

10

20

30

...

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Ende des Integrationstores (Signal "F") so gewählt, daß gerade eine Periodendauer des Empfangssignals erfaßt wird. Um Schwankungen in der Lage der Banknote kompensieren zu können, ist der Abstand "d" zwischen Sender und Empfänger abhängig von der Resonanzfrequenz so eingestellt, daß die störenden reflektierten Schallanteile erst nach einem, diese Schwankungen kompensierenden Sicherheitsabstand, nach Abschluß der Integration erscheinen. Die Integration einer vollen Periode ist ein Sonderfall und in dem Ausführungsbeispiel des besseren Verhältnisses wegen gewählt. Andere Formen sind ebenso möglich.

Nach dem Zurücksetzen des Integrators 15 mit dem Signal "E" wird das Empfangssignal zunächst positiv aufintegriert. Nach Ablauf der halben Integrationszeit, was unter den gewählten Bedingungen im Normalfall der halben Periodendauer des Empfangssignals entspricht, wird das Signal invertiert. Dazu wird das Signal "G" einem Inverter 14 zugeführt, so daß der Integrator in der zweiten Integrationshälfte das invertierte Signal (Signal "H") aufsummiert.

Diese Art der Integration hat einerseits den Vorteil, daß Störgeräusche herausgefiltert werden. Andererseits werden bei der Integration Phasenverschiebungen des Signals berücksichtigt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß bei einem sogenannten Doppelabzug, bei dem die Banknoten sehr eng aneinander liegen, die Phase des Empfangssignals verschoben wird, während sich die Amplitude des Signals gegenüber der Prüfung der einzelnen Note nur sehr gering verändert. In diesem speziellen Fall kommt der Integrator trotz nahezu unveränderter Eingangsamplitude aufgrund der Invertierung des Signals in der Mitte des Integrationstores zu einem geringeren Endwert, so daß auch in diesem Fall eine klare Aussage möglich wird.

Insbesondere für die Erkennung derartiger Doppelabzüge ist die Auswertung nur einer Periode des Empfangssignals sehr vorteilhaft.

- 5 Das Frequenzverhalten der Auswertstufe ist mit dem Verhalten eines Lock-IN-Verstärkers (Bandpaßverhalten) vergleichbar. Externe Störgeräusche spielen daher nur im Bereich der Resonanzfrequenz eine Rolle.
- 10 Der Endwert des Integratorsignals (Signal "I") wird der in der Ablaufsteuerung 6 enthaltenen und hier nicht näher spezifizierten Auswertstufe 17 zugeführt. Er kann je nach Prüffunktion des Gerätes als Absolutwert, beispw. umgerechnet in  $g/m^2$  oder nach Vergleich mit vorgegebenen
- 15 Standartwerten in Form einer Ja/Nein Aussage, beispw. zur Anzeige eines Doppelabzuges, ausgegeben werden.

Die Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsge-  
mäßigen Gerätes, die zur großflächigen Abtastung von beispw.

20 Banknoten geeignet ist. Aufgrund der oben erläuterten speziellen Auswertmethode ist es möglich, die einzelnen Sender-Empfängerpaare 2,3 flächendeckend auf engem Raum nebeneinander anzuordnen, ohne daß sich die Signale der einzelnen Sender-Empfangsanordnungen gegenseitig stören.

- 25 Der minimale Abstand "A" der einzelnen Sender hängt vom Abstand "d" der einzelnen Sender-Empfangsanordnungen ab. "A" wird so groß gewählt, daß der Schall eines benachbarten Senders erst nach dem Integrationstor an dem entsprechenden Empfänger ankommt. Der Laufzeitunterschied des Schalls  $(d_2 - d_1)/C$  ( $C$ =Schallgeschwindigkeit) muß also größer sein als die Integrationstorklänge.
- 30

14.  
Leerseite

ORIGINAL INSPECTED

In dem erwähnten Ausführungsbeispiel wurde das erfindungsgemäße Verfahren im Zusammenhang mit der Prüfung von Banknoten in Banknoten-Sortierautomaten beschrieben.

5

Die Erfindung kann mit gleichem Erfolg genutzt werden, um das Flächengewicht von Papier bzw. Folienbahnen oder ähnlichen dünnen Materialien zu prüfen.

\*\*\*

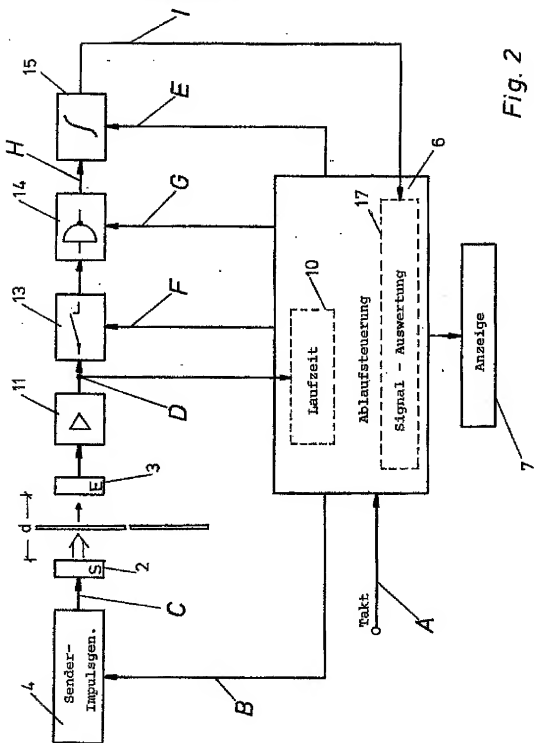


Fig. 2

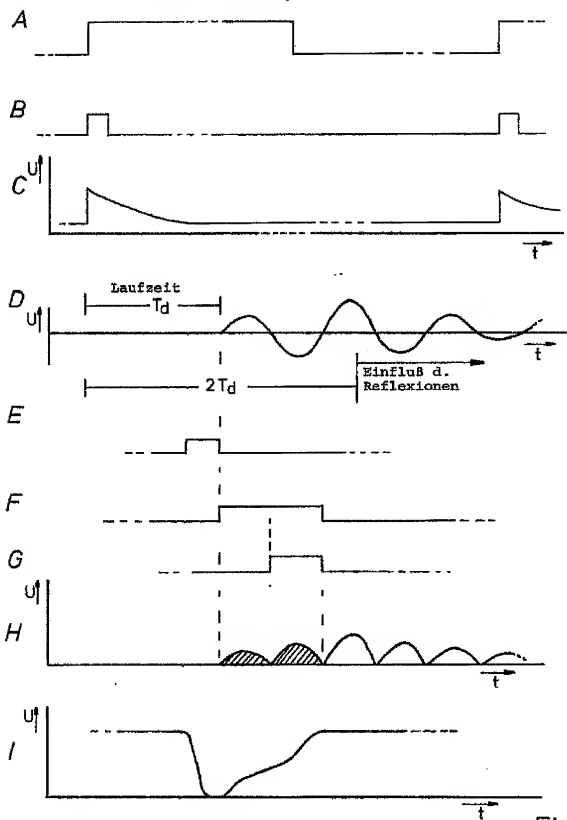


Fig. 3